

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-10363

(43) 公開日 平成11年(1999)1月19日

(51) Int.Cl.⁶

B 23 K 20/12

識別記号

F I

B 23 K 20/12

A

審査請求 未請求 請求項の数4 ○L (全6頁)

(21) 出願番号 特願平9-168311

(22) 出願日 平成9年(1997)6月25日

(71) 出願人 000002277

住友軽金属工業株式会社

東京都港区新橋5丁目11番3号

(72) 発明者 熊谷 正樹

東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金属工業株式会社内

(72) 発明者 田中 直

東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金属工業株式会社内

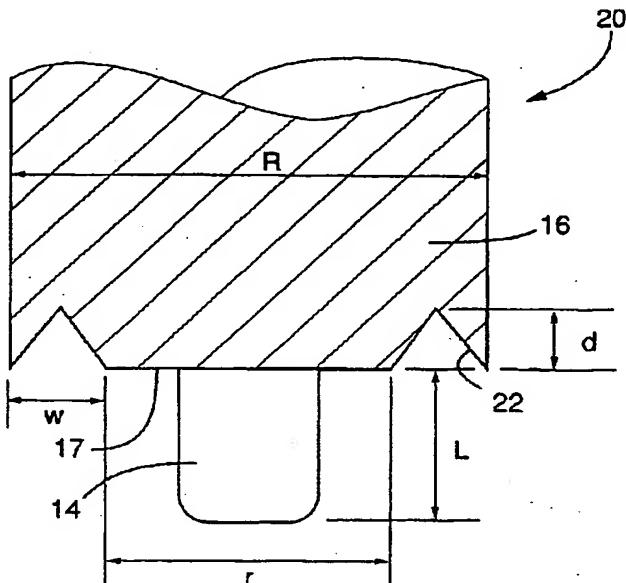
(74) 代理人 弁理士 中島 三千雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合用治具

(57) 【要約】

【課題】 バリの発生を効果的に抑制乃至は阻止して、優れた継手特性を有する健全な接合部を安定して与え得る摩擦攪拌接合用治具を提供すること。

【解決手段】 軸心回りに回転せしめられるロッド状の治具本体16の先端面17の中心に、被接合部位に差し込まれるピン14を中心的に立設してなる摩擦攪拌接合用治具において、かかる治具本体16の先端面17に、該ピン14の周りに位置するように、周溝22を設けたことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 軸心回りに回転せしめられるロッド状の治具本体の先端面の中心に、被接合部位に差し込まれるピンを同心的に立設してなる摩擦攪拌接合用治具において、かかる治具本体の先端面に、該ピンの周りに位置するように、周溝を設けたことを特徴とする摩擦攪拌接合用治具。

【請求項2】 前記周溝が、次式： $0.5R \leq r \leq 0.95R$ （但し、 r は周溝の内側直径であり、 R は治具本体の直径である）を満足するように、前記治具本体の先端面に設けられている請求項1記載の摩擦攪拌接合用治具。

【請求項3】 前記周溝が、 $0.025R \sim 0.25R$ （但し、 R は治具本体の直径である）の範囲内の溝幅： w を有している請求項1または請求項2記載の摩擦攪拌接合用治具。

【請求項4】 前記周溝が、 $0.01L \sim 0.33L$ （但し、 L はピンの長さである）の範囲内の溝深さ： d を有している請求項1乃至請求項3の何れかに記載の摩擦攪拌接合用治具。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】 本発明は、摩擦攪拌接合用治具の改良に係り、特に、バリの発生を抑制して、健全な接合部を有利に形成することの出来る摩擦攪拌接合用治具に関するものである。

【0002】

【背景技術】 従来から、アルミニウム若しくはその合金からなるアルミニウム材料の如き金属材料の複数を突き合わせ、その突き合わせ部位を接合することによって、複雑な或いは大型の構造物が製造されてきており、例えば、TIG、MIG等のアーク溶接手法を用いて、目的とする金属材料の接合が行なわれている。

【0003】 しかしながら、そのようなTIG、MIG等によるアーク溶接にあっては、金属材料自体の熱膨張係数が大きいことから、大きな歪みが発生し、それが溶接物体（構造物）に内在することとなるのであり、また、その溶融物が大気中の酸素と反応して生じる酸化皮膜が溶接部に悪影響をもたらすようになるところから、シールドガスとしての不活性ガスの使用が不可欠とされているのである。このため、その溶接現場では、実際に、歪みや酸化皮膜の発生を防止し、或いはそれを除去するために、不活性ガスを用いると共に、多大な工数と熟練技能が必要とされているのである。

【0004】 また、かかる従来のイナートガスを用いたアーク溶接手法に代わる、金属材料の他の接合方法としては、摩擦圧接法、レーザー溶接法、機械的接合法、接着法等があるが、その施工性や信頼性の面から、或いは装置コストが高い等の理由から、それらが適用され得る分野が制限されているのが現状である。中でも、摩擦圧

接法は、古くから利用されている技術であって、接合する材料を相対的に高速回転させて、擦り合わせ、発生する摩擦熱で接合部が融点に達した時点で、押し付けて、回転を止める方法であり、バットのグリップの接合等において実用化されている。しかしながら、そのような摩擦圧接法も、材料の形状が丸棒やパイプに限られており、板状の金属材料の突き合わせ端部同士の接合には、利用され難いものであった。

【0005】 ところで、最近、上述の摩擦圧接法と同様に、摩擦熱を利用して板を突き合わせ接合する方法が、米国特許第5460317号明細書や、特表平7-505090号公報等において明らかにされている。即ち、図1に示される如く、接合されるべき2枚の板材2a、2bよりも硬い材質のピン4と、それを先端面の中心部に立設してなるロッド状の治具本体6とからなる回転治具（所謂ピン型回転工具）を用い、この回転治具、具体的には治具本体6を高速回転せしめつつ、その先端のピン4を2枚の板材2a、2bの突き合わせ部8部位に差し込み、そして相対的に、該突き合わせ部8に沿って移動せしめることにより、それら回転せしめられるピン4や治具本体6と板材2a、2bとの間に摩擦熱を発生せしめ、そしてその摩擦熱にて、突き合わせ部8の周辺部位を塑性加工可能な状態と為し、更にピン4の高速回転による攪拌作用にて、板材2a、2bの突き合わせ部位8の組織を取り交わらせ、以て溶融せしめることなく、2枚の板材2a、2bを接合せしめる、所謂摩擦攪拌接合（Friction Stir Welding）なる方法である。

【0006】 このような摩擦攪拌接合手法によれば、従来の溶接手法とは異なり、溶加材やシールドガス、開先加工が不要となるのであり、また酸化膜の除去も不要であると共に、溶融接合ではなく、固相接合と考えられるものであるところから、入熱が非常に少なく、これによって接合部、更にはその周りの組織変化が少なく、低歪みである特徴を有し、このため、歪みの修正作業も必要でない等の利点を有している。

【0007】 しかしながら、この摩擦攪拌接合手法にあっては、安定した継手特性が得られ難く、実用化には殆ど至っていないのが、現状である。因みに、上述の如き摩擦攪拌接合操作によれば、接合部の裏・表面は略平坦となるはずであるが、実際には、少しの条件のずれ、例えばピン型回転工具におけるピンの差し込み深さや、接合されるべき材料の寸法精度等の如何により、突き合わせ接合面に、バリが突出して形成されるようになるのであり、また、材料の寸法精度や拘束状態にバラツキがある場合には、接合面に凹凸が生じたり、ルート部にトンネル状の融合不良が発生する等して、静的及び疲労強度に少なからぬ影響をもたらし、健全な接合部の形成を困難としているのであり、更には、接合強度の低下や外観の悪化等の問題も惹起しているのである。

【0008】

【解決課題】ここにおいて、本発明は、かかる事情を背景にして為されたものであって、その解決課題とするところは、バリの発生を効果的に抑制乃至は阻止して、優れた継手特性を有する健全な接合部を安定して与え得る摩擦攪拌接合用治具を提供することにある。

【0009】

【解決手段】そして、本発明は、そのような課題を解決するために、軸心回りに回転せしめられるロッド状の治具本体の先端面の中心に、被接合部位に差し込まれるピンを同心的に立設してなる摩擦攪拌接合用治具において、かかる治具本体の先端面に、該ピンの周りに位置するように、周溝を設けたことを特徴とする摩擦攪拌接合用治具を、その要旨とするものである。

【0010】すなわち、このような本発明に従う摩擦攪拌接合用治具にあっては、被接合部位の表面（突き合わせ接合部における表面）に接するロッド状の治具本体の先端面において、所定の周溝が、ピンの周りに形成されているところから、高速回転せしめられるピンによる攪拌作用にて塑性流動せしめられる材料が、かかる周溝の存在によって、治具本体の先端面が接する接合領域内に効果的に押さえ込まれ、以てそのような攪拌材料が、治具本体の先端面の外周部の外側にバリとして排出されるのを抑制乃至は阻止して、接合部における材料不足に基づくところの欠陥を有利に解消せしめ得るのである。

【0011】なお、かくの如き本発明に従う摩擦攪拌接合用治具において、有利には、前記周溝は、次式： $0.5R \leq r \leq 0.95R$ （但し、 r は周溝の内側直径であり、 R は治具本体の直径である）を満足するように、前記治具本体の先端面に設けられたり、また、 $0.025R \sim 0.25R$ （但し、 R は治具本体の直径である）の範囲内の溝幅： w を有するものとされ、更には、 $0.01L \sim 0.33L$ （但し、 L はピンの長さである）の範囲内の溝深さ： d を有するものとされ、これによって、より一層優れた接合特性を備えた接合部を形成することが可能となるのである。

【0012】

【発明の実施の形態】ところで、摩擦攪拌接合は、例えば、図2に示される如く、接合せしめられるべき2つの板状の金属材料12a、12bを突き合わせた状態において拘束し、それらの被接合部位たる突き合わせ部18に対して、回転治具（ピン型回転工具）20を構成するロッド状の治具本体16の先端面の中心に同心的に立設されてなるピン14を、高速回転せしめつつ差しこみ（突き刺し）、そして該突き合わせ部18に沿って（図2において紙面に垂直な方向に）相対的に移動せしめることにより、そのようなピン14、更には治具本体16の下部、所謂肩部（ショルダー部）の下面（先端面）との接触面において摩擦熱を発生させ、以てその周囲を可塑化せしめ、更には、ピン14の高速回転に伴う攪拌作用にて、板状の金属材料12a、12bの突き合わせ部

18の組織を取り交り合わせ、以て接合部を形成するものである。このため、回転治具20におけるピン14や治具本体16の下部は、板状の金属材料12a、12bに高速回転下に接触せしめられても殆ど損耗することのない材質からなる非消費型の部材とされているのであり、また、そのような回転治具20の高速回転は、公知の各種の回転駆動装置を用いて実現されることとなる。

【0013】本発明は、このような回転治具（ピン型回転工具）20において、ロッド状治具本体16の先端面の中心に同心的に設けられたピン14の周りに位置するように、所定の周溝を、かかる治具本体16の先端面に設けたことを特徴とするものであって、その一例が、図3に示されている。

【0014】すなわち、かかる図3に示される例にあっては、ロッド状の治具本体16の下端面たる先端面17において、その外周縁部側に位置するように、V字型断面形状の周溝22が該外周縁部に沿って設けられており、かかる先端面17の中心部に立設された所定高さのピン14の周りに配置せしめられているのである。

【0015】そして、このような治具本体16の接合部に接する先端面17に設けられた周溝22の存在によって、そのような先端面17の外側にバリとして排出されようとする塑性流動せる材料を、接合部の領域に効果的に押さえ込むことが出来ることとなり、以て接合部における材料不足の問題の発生を効果的に解消し得たのであり、加えて、バリの発生の抑制乃至は阻止によって、接合面の特性や強度等の接合特性も、著しく高められることとなるのである。

【0016】なお、かかる周溝22の断面形状としては、例示の如きV字型断面形状のみならず、U字型断面形状であっても、更には円弧状や矩形の断面形状等、各種の断面形状を採用することが可能である。

【0017】そして、そのような周溝22は、ピン14の周りに位置するように、換言すればピン14を中心にして円形形状を呈するように、有利には、次式： $0.5R \leq r \leq 0.95R$ （但し、 r は周溝22の内側直径であり、 R は治具本体16の直径である）を満足するようにして、治具本体16の先端面17に設けられることが望ましいのである。

【0018】けだし、治具本体16の先端面17から外側に、塑性流動した材料がバリとして排出されるのを効果的に抑制するには、そのような周溝22は、該周溝22よりも径方向外側に先端面17が可及的に存在しないように、かかる先端面17の外周縁部側に近接して配置せしめることが望ましいからであり、従って、かかる r が $0.5R$ よりも小さな値となる、ピン14に近接配置せしめられた状態下においては、周溝22は必然的に大きくなり、そのため攪拌された材料の多くが周溝22内に移動してしまい、接合部が充分に埋まらないところから、接合部に空洞状の欠陥が生じる等の問題を惹起す

こととなるのであり、また、0.95Rを越えるような、先端面17の外周縁に余りにも近接して配置せしめる場合にあっては、必然的に、周溝22自体が小さくなり、そのために先端面17が平坦な場合と殆ど変わらず、周溝22の配設による効果が小さくなる。

【0019】なお、上述せるように、周溝22よりも径方向外側に先端面17が存在しないようにする（周溝22の外側直径： $2w+r$ と治具本体16の直径： R とが一致する）ことが望ましいのであるが、実際には、それを実現することは難しく、一般に $r+2w < R$ となつて、ある程度の幅において先端面17が周溝22の径方向外側に残存することとなる。

【0020】また、周溝22の溝幅： w は、本発明の好みの態様によれば、 $0.025R \sim 0.25R$ の範囲内となるようにされることが望ましく、これによって、外部にバリとして排出される塑性流動した材料が、そのような周溝22内に効果的に保持されるようになるのである。特に、このような溝幅： w において、前記 r と R の関係式を満たすように、周溝22が先端面17の外周縁部側に設けられていることが望ましく、これによって、バリの発生をより一層有利に阻止せしめることができとなる。

【0021】さらに、本発明に従う周溝22は、有利には、 $0.01L \sim 0.33L$ （但し、 L はピン14の軸方向における長さである）の範囲内の溝深さ： d を有していることが望ましいのである。この溝深さ： d が $0.01L$ 未満の場合には、攪拌される材料の押さえ込み効果を充分に発揮せしめることが困難となり、先端面17が平坦な場合と殆ど変わらず、充分な効果を奏し得ず、また、 $0.33L$ を越えるようになると、攪拌された材料の多くが周溝22内に移動してしまい、接合部が充分に埋まらないために、接合部に空洞状の欠陥が惹起される等の問題を生じるからである。

【0022】そして、本発明にあっては、かくの如き構成の摩擦攪拌接合用治具（回転治具20）を用いて、目的とする板状の金属材料12a、12bの接合を行なうものであるが、その摩擦攪拌接合操作は公知の如くして行なわれ得、具体的には、ピン14を、治具本体16と共に一体的に高速回転せしめつつ、それら板状の金属材料12a、12bの被接合部位たる突き合わせ部18に対して差し込み、そして相対的に移動せしめることによって、かかる突き合わせ部18に沿って接合部を形成するものであり、以てバリの発生が効果的に抑制された、接合特性に優れた健全な接合部を、安定して実現し得たのである。

【0023】なお、以上の説明においては、接合されるべき2つの金属材料12a、12bとして、その突き合わせ接合される板状部分のみが例示されているが、それら金属材料の他の部分は、よく知られているように、各種の形状において構成され得るものであり、単なる全体

が板状形状を呈するものの他、リブや脚部が立設せしめられたり、箱型形状と為されたりしたもの等の接合にも、本発明が適用され得るものであることは、言うまでもないところである。そして、そのような金属材料12a、12bの接合されるべき板状部分の厚さは、一般に $0.5 \sim 1.5\text{ mm}$ 程度とされるのである。また、接合されるべき材料（12a、12b）の材質としても、摩擦攪拌接合の適用され得る公知の材質の何れもが、採用され得るものであるが、一般に金属材料、中でもアルミニウム若しくはアルミニウム合金からなるアルミニウム材料の接合に、本発明に従う摩擦攪拌接合用治具が、有利に採用されることとなる。

【0024】

【実施例】以下に、本発明の実施例を示し、本発明を更に具体的に明らかにすることとするが、本発明が、そのような実施例の記載によって、何等の制約をも受けるものでないことは、言うまでもないところである。また、本発明には、以下の実施例の他にも、更には上記した具体的構成以外にも、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて、当業者の知識に基づいて種々なる変更、修正、改良等を加え得るものであることが、理解されるべきである。

【0025】先ず、板厚（ t ）が 4 mm である、幅： 500 mm 、長さ： 5000 mm のアルミニウム押出形材（6N01-T5形材）を準備した。次いで、そのような押出形材の2つを、幅方向に突き合わせ、図2に示される如き形態において、図3に示される如き周溝22を下記表1に示される条件にて先端面17に設けた治具本体16を有する各種の回転治具20を用いて、それを高速回転させつつ、ピン14をそれらの突き合わせ部（18）に差し込み、そして該突き合わせ部に沿って移動せしめることにより、摩擦攪拌接合を行なった。なお、何れの回転治具20においても、ピン14の長さ： $L = 3.7\text{ mm}$ 、ピン14の先端径 $= 5.0\text{ mm}$ 、治具本体16の直径： $R = 1.5\text{ mm}$ とともに、回転数： 1000 rpm 、接合（移動）速度： $300\text{ mm}/\text{分}$ の摩擦攪拌接合条件を採用した。

【0026】かくして得られた、それぞれの回転治具に対応するアルミニウム押出形材の、各種接合材における接合部の引張試験を行ない、それぞれの引張強さを測定すると共に、JIS-Z-3124に準拠して曲げ試験を行ない、その試験後の各接合部の欠陥率、即ち、試験本数中の割れ発生本数の百分率を求め、それらの結果を、下記表1に併せて示した。また、比較のために、治具本体16の先端面17に周溝22を設けていない回転治具を用いて摩擦攪拌接合せしめてなる接合材についても、その接合部の引張強さ及び欠陥率を求め、比較例として、下記表1に示すと共に、更に、通常のMIG溶接して得られた接合材の接合部における引張強さと欠陥率の結果も、下記表1に示した。

【0027】

【表1】

	周溝深さ:d (mm)	周溝幅:w (mm)	周溝の内側 直径 (mm)	引張強さ (MPa)	接合部の 欠陥率 (%)
実施例1	0.08	3.0	9.0	205	0
実施例2	1.4	2.0	11.0	212	0
実施例3	0.4	3.5	8.0	201	0
実施例4	0.8	0.5	14.0	207	0
実施例5	0.03	3.0	9.0	174	20
実施例6	1.8	4.0	7.0	165	40
比較例 (周溝なし)	—	—	—	126	100
MIG溶接	—	—	—	170	10
母材 (接合無)	—	—	—	250	—

【0028】かかる表1の結果からも明らかに如く、接合前のアルミニウム押出形材の引張強さが250 MPaであることを考えると、本発明に従って、治具本体16の先端面17に、所定の周溝22を設けてなる回転治具20を用いて、摩擦攪拌接合して得られた実施例1～6に係る接合材にあっては、何れも、その引張強度が高く、また接合部の欠陥率においても優れていることが認められるのに対して、周溝22を設けていない回転治具を用いた比較例の場合や、MIG溶接にて得られた接合材にあっては、引張強度が低く、更に比較例の接合材にあっては、接合部の欠陥率も高く、健全な接合部を安定して得ることが出来ないことは、明らかである。

【0029】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明に従う摩擦攪拌接合用治具によれば、治具本体の先端面に設けられた周溝の存在によって、攪拌されて塑性流動する材料が治具本体の外側にバリとして排出されるのが

効果的に抑制乃至は阻止され、以て接合部において材料不足に基づくところの欠陥の発生が効果的に阻止され得ることとなり、優れた継手特性を有する健全な接合部が、安定して得られることとなったのであり、そこに、本発明の大きな技術的意義が存するのである。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の摩擦攪拌接合方法を示す説明図である。

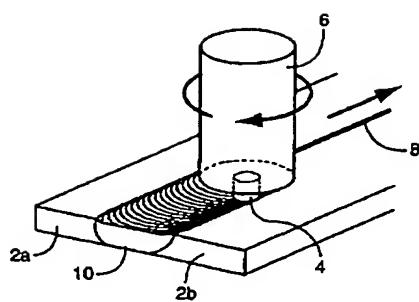
【図2】摩擦攪拌接合操作における接合材料と回転治具との配置関係を示す説明図である。

【図3】本発明に従う摩擦攪拌接合用治具の一例を示す縦断面説明図である。

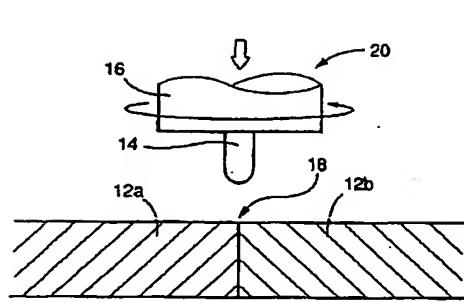
【符号の説明】

2a、2b	板材	4、14	ピン
6、16	治具本体	8、18	突き合わせ部
12a、12b	金属材料	17	先端面
20	回転治具	22	周溝

【図1】



【図2】



【図3】

